

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 64-073603

(43)Date of publication of application : 17.03.1989

(51)Int.Cl.

H01F 10/10

G11B 5/31

(21)Application number : 62-228635

(71)Applicant : NIPPON TELEGR &amp; TELEPH CORP &lt;NTT&gt;

(22)Date of filing : 14.09.1987

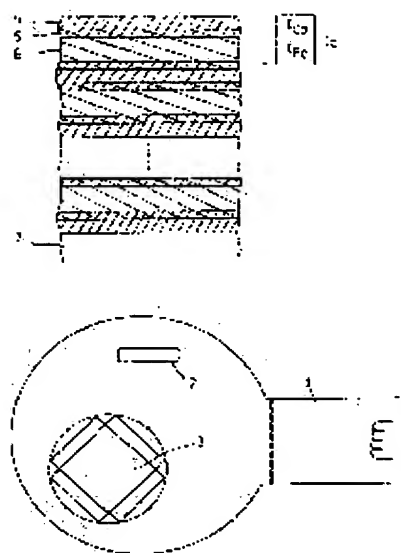
(72)Inventor : SENDA MASAKATSU  
NAGAI YASUHIRO

## (54) ARTIFICIAL MAGNETIC LATTICE FILM

## (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain an artificial magnetic lattice film which exhibits a high saturated magnetic flux density and good soft magnetic characteristics, also has a magnetostriction constant substantially equal to zero, and simultaneously is excellent in corrosion resistance and thermal stability, by alternately stacking on a substrate a Fe layer and a Co layer and/or a CoFe layer so that they have a periodic structure by repetition.

CONSTITUTION: Four targets can be mounted on a target supporting stand 1, which can be rotated to switch the targets. There are a position at which a substrate is to be placed, on the upper surface of which substrate magnetic films are to be stacked and formed, and an ion source 3. The manufacture by an ion beam sputter method is advantageous in that the operating degree of vacuum is  $1 \times 10^{-4}$  Torr or less and the substrate temperature does not increase more than required. A Co layer 4, Fe layer 6, and CoFe layer formed by mutual diffusion are formed on a substrate 7. The film thicknesses of the Co layer 4 and Fe layer 6 are  $t_{Co}$  and  $t_{Fe}$ , respectively, and one period  $t_P$  of the artificial lattice is defined by an equation  $t_P = t_{Co} + t_{Fe}$ . The artificial magnetic film can thus accomplish good soft magnetic characteristics and simultaneously can achieve a high saturated magnetic flux density. Also, these magnetic artificial film has a construction wherein Fe is with respect to Co and/or CoFe, so they are rich in corrosion resistance and the magnetic characteristics are not degraded, providing excellent thermal stability.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[Industrial Application]

this invention relates to the soft-magnetism cascade screen used for the yoke or core which constitutes the magnetic path for example, in the various thin film magnetic heads.

[Summary of the Invention]

this invention avoids generating of a Barkhausen noise by considering as the structure where the laminating of the magnetic thin film was carried out through the nonmagnetic interlayer.

[Description of the Prior Art]

In the single magnetic pole head for vertical magnetic recordings, the induction-type magnetic head, and the magnetoresistance-effect type magnetic head (henceforth MR type magnetic head), the thin film type magnetic head formed by the soft-magnetism thin film in which some of the cores or yokes [ at least ] were formed on the magnetic base or the nonmagnetic base has come to be used widely.

Usually, the soft-magnetism thin film according [ the soft-magnetism thin film in this kind of magnetic head ] to monolayer structure is used.

However, in the magnetic head by the soft-magnetism thin film by such monolayer structure, a Barkhausen noise poses a problem. If this is explained, the magnetic thin film of this monolayer will take magnetic-domain structure as shown in a view 6 that the state where the sums, such as magnetostatic energy resulting from an anisotropy energy, a shape anisotropy, etc., serve as the minimum as the whole layer should be held. This monolayer magnetic film is a rectangular magnetic thin film (51), and when it has an easy axis in the direction of a shorter side, while the magnetic domain (52) of a retrose arises [ the magnetization direction ] by turns along the direction of a shorter side in the field, along with the longitudinal direction of a magnetic thin film (51), the magnetic domain (53) of a retrose has arisen one by one among the ends so that a closed loop may be formed about these next door \*\*\*\* magnetic domain (52). Therefore, if an external magnetic field is given to such a magnetic thin film (51), a magnetic domain wall (54) and (55) may move, and thereby, a Barkhausen noise may occur.

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

this invention avoids effectively generating of the Barkhausen noise mentioned above.

[Means for Solving the Problem]

this invention is shown in Views A, B, and 1 C -- as -- a nonmagnetic interlayer (1) -- minding -- each more than two-layer -- the laminating of the magnetic thin film (2) of a soft magnetism is carried out, and a soft-magnetism cascade screen (3) is constituted

A nonmagnetic interlayer (1) is preferably selected to 5-500Å 5-10000Å in thickness on which it compares with an exchange interaction and a magnetostatic interaction acts dominantly between the magnetic thin films (2) which adjoin each other through this.

Moreover, each magnetic thin film (2) makes an easy axis the same direction, and total magnetic flux closes it by selection of each saturation magnetic flux density, thickness, etc. That is, it is made to close on the whole, as the amount of both magnetic flux is made in agreement as the same thickness when \*\*

constitutes both magnetic thin films (2) by the same material in the structure where the laminating of the two-layer magnetic thin film (2) shown in an A view 1, for example was carried out through the nonmagnetic interlayer (1), and magnetic flux shows both magnetic thin films (2) typically with an arrow in 1st [ \*\* ] view A. Moreover, as shown in Views B and 1 C, when considering as the structure in which the magnetic thin film (2) of three or more layers carried out the laminating through the nonmagnetic interlayer (1) When the same material constitutes all magnetic thin films (2) including these magnetic thin films (2s) about the magnetic thin film (2s) of both \*\*\*\*\* the thing except the magnetic thin film (2s) of both \*\*\*\*\* among magnetic thin films (2) -- same thickness  $t$  -- carrying out -- the magnetic thin film (2s) of both \*\*\*\*\* -- about -- it considers as  $t/2$  of thickness And impression of the signal magnetic field at the time of applying to the yoke or core of the impression of a magnetic field to the soft-magnetism cascade screen (3) by this composition, for example, the magnetic head, is taken as the direction of hard axis.

#### [Function]

According to the soft-magnetism cascade screen (3) by the above-mentioned this invention, generating of a Barkhausen noise is avoided. If it sees now about the soft-magnetism cascade screen (3) of the structure where the laminating of the two-layer magnetic thin film (2) shown in the A view 1 was carried out through the nonmagnetic interlayer (1), in the state where the external magnetic field is not given to this As shown in a view 2, in both magnetic thin films (2), as arrows M1 and M2 show, it is in the magnetization state of anti-parallel mutually at direction of easy axis e.a, respectively, and the magnetic domain wall has not arisen. Thus, about a magnetic domain wall not existing, it just checked by magnetic-domain observation by the BITTA (Bitter) method which used the magnetic fluid. And if an external magnetic field  $H$  is strengthened in the direction of hard-axis h.a and it goes to it to such a soft-magnetism cascade screen (3) As a solid line arrow shows the magnetization state of one magnetic thin film for the magnetization state to 3rd [ \*\* ] view A-C about each magnetic thin film (2) and a dashed line arrow shows it of another side to it typically As an external magnetic field  $H$  shows to a B view 3 from the magnetization state of anti-parallel explained in the view 2 showing in an A view 3, magnetization rotates by the rotation magnetization process, and as a still stronger external magnetic field shows to a C view 3, both magnetic thin films (2) are magnetized in the same direction. In this case, since magnetization rotates both magnetic thin films (2) by the rotation magnetization process in the field, generating of a Barkhausen noise is avoided, without producing a magnetic domain wall. That is, the Barkhausen noise resulting from magnetic-domain-wall movement is avoided by making the direction of hard axis of both magnetic thin films (2) into the magnetic-flux propagation direction.

#### [Example]

An example in the case of constituting yoke type MR type magnetic head using the soft-magnetism cascade screen (3) by this invention with reference to a view 4 is explained.

In this case, a magnetic substrate (10) is prepared. This substrate (10) consists of magnetic substrates, such as for example, a nickel-Zn system ferrite and a Mn-Zn system ferrite. the bias which forms the insulating layer (11) of SiO<sub>2</sub> grade on a substrate (1) when this substrate (1) has conductivity, and generates a bias magnetic field by energization on this -- a conductor (12) is formed and a magnetoresistance-effect magnetic force sensor (henceforth MR magnetic force sensor) (13) is further formed through an insulating layer (11) on this

And this MR magnetic force sensor (13) is pinched, and the front side and a back (6), i.e., field, side, and this form the front magnetic layer (14F) and back magnetic layer (14B) which constitute some yokes through an insulating layer (11) on both ends with an opposite side. A part of back magnetic layer (14B) is magnetically combined with a magnetic substrate (10) densely through the aperture (11a) drilled in the insulating layer (11). Substrate (10) - The closed magnetic circuit of a front magnetic layer (14F)-MR magnetic force sensor (13)-back magnetic layer (14B)-magnetism substrate (10) is formed.

Between the front end section of a front magnetic layer (14F), and a substrate (10), magnetic-gap  $g$  as which gap length was specified is faced and formed in opposite \*\* or an opposed face (15) with a magnetic medium of the thickness of the non-magnetic layer by the insulating layer (11).

In this composition, the soft-magnetism cascade screen (3) by the magnetic layer (14F) and (14B) this

invention constitutes. the nonmagnetic interlayer (1) which consists of SiO<sub>2</sub> film with a thickness of 500Å -- minding -- respectively -- 1500Å Co-Hf-Pd in thickness -- it considers as the structure which showed the amorphous two-layer magnetic thin film (2) in the A view 1 which carried out the laminating Or it can consider as the laminated structure of the magnetic thin film (2) of three layers as structure shown in the B view 1. In this case, thickness of a central magnetic thin film (2) is made into 2000Å, thickness of the magnetic thin film (2s) of both outsides is made into 1000Å, and thickness of a nonmagnetic interlayer (1) can be made into 100Å. Or it can also consider as the multilayer structure shown by 1st [ \*\* ] view C:

in addition, these magnetic layers (14F) -- by the work of 1 run which continued magnetic-thin-film (2)-nonmagnetic interlayer (1)-magnetic-thin-film (2) -- which constitutes these one by one, continuation vacuum evaporation is carried out, a soft-magnetism thin film (2) is formed, and and (14B) can form formation simultaneously continuation sputtering or by patternizing this with photolithography technology

in addition, this case -- a magnetic layer (14F) -- it is made for and (14B) to become the direction of the magnetic flux in the magnetic layer (14F) to which the direction of hard axis mentioned above each magnetic thin film (2) of a soft-magnetism cascade screen (3), and (14B) the included magnetic path Moreover, the soft-magnetism cascade screen (3) by this invention can also constitute the thin film magnetic head of an induction type. An example in this case is explained with reference to a view 5. Also in this case, prepare a magnetic substrate (20), for example and an insulating layer (21) is minded if needed on this. Through the 1st and 2nd conductor patterns (22A) and (22B) insulating layers (21), carry out the laminating of the head coil (22), and it is formed. Covering formation of the magnetic layer (23) which serves as a band-like magnetic core by the soft-magnetism cascade screen (3) by the composition similarly explained in the direction which crosses these by 1st [ \*\* ] view A-C is carried out. the magnetic layer (14F) which explained this magnetic layer (23) in the view 4 -- it can be based on the same composition with and (14B) And the back edge of this magnetic layer (23) is made to connect [ substrate / (20) ] magnetically through the aperture (21a) drilled in the insulating layer (21). A front edge forms magnetic-gap g which has necessary gap length between substrates (20) by using as a gap spacer the non-magnetic layer which consists of an insulating layer (21), and it forms it so that this magnetic-gap g may attend opposite \*\* or an opposed face (25) with a magnetic medium. Thus, it has the closed magnetic circuit of a substrate (20)-magnetic-gap g-magnetic layer (23)-substrate (20), and the electromagnetic-induction type magnetic head possessing a head coil (22) is constituted. In addition, each magnetic thin film of the soft-magnetism cascade screen (3) in the magnetic layer (23) which constitutes a magnetic core in this case is formed so that the direction which passes the magnetic flux may be mostly in agreement with the direction of hard axis.

[Effect of the Invention]

Since a bank HAUZEN noise can be effectively avoided when this constitutes the magnetic head according to this invention, since it was made for a magnetic domain wall not to arise in a soft-magnetism cascade screen (3), practical use is presented, and the profits are very large.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

Drawings and 3rd [ \*\* ] view A-C of Views A, B, and 1 C which show the magnetization state of an example of the soft-magnetism cascade screen according [ structural drawing of each example of the soft-magnetism cascade screen by this invention and a view 2 ] to this invention are the \*\*\*\*-cross section of each example of the magnetic head using the soft-magnetism cascade screen according [ respectively explanatory drawing, the view 4, and the 5th view of the magnetization state by the external magnetic field of a soft-magnetism cascade screen ] to this invention, and drawing showing the magnetic-domain structure  
As for a soft-magnetism cascade screen and (1), (3) is [ a nonmagnetic interlayer and (2) ] magnetic thin films.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the soft-magnetism cascade screen characterized by each above-mentioned magnetic thin film having the same direction of an easy axis mutually while the laminating of the magnetic thin film of the soft magnetism more than two-layer is carried out through the nonmagnetic interlayer whose thickness is 5-10000Å, it changes and each [ these ] magnetic thin film is selected by the amount of magnetization and thickness which total magnetic flux closes.

---

[Translation done.]

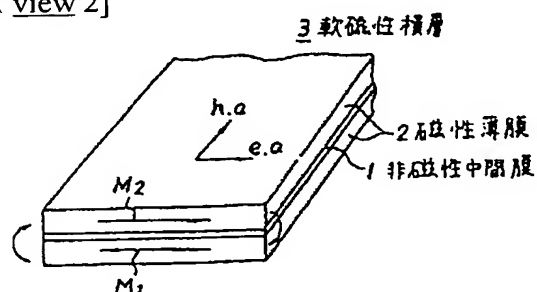
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

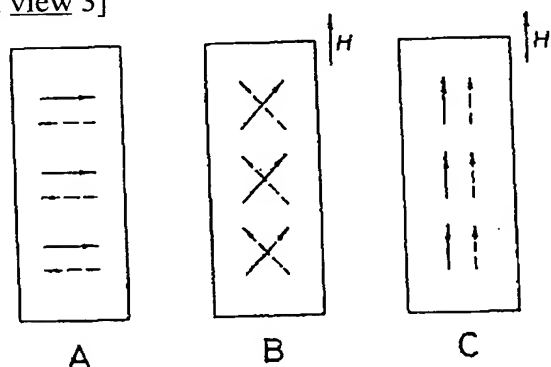
## DRAWINGS

[A view 2]

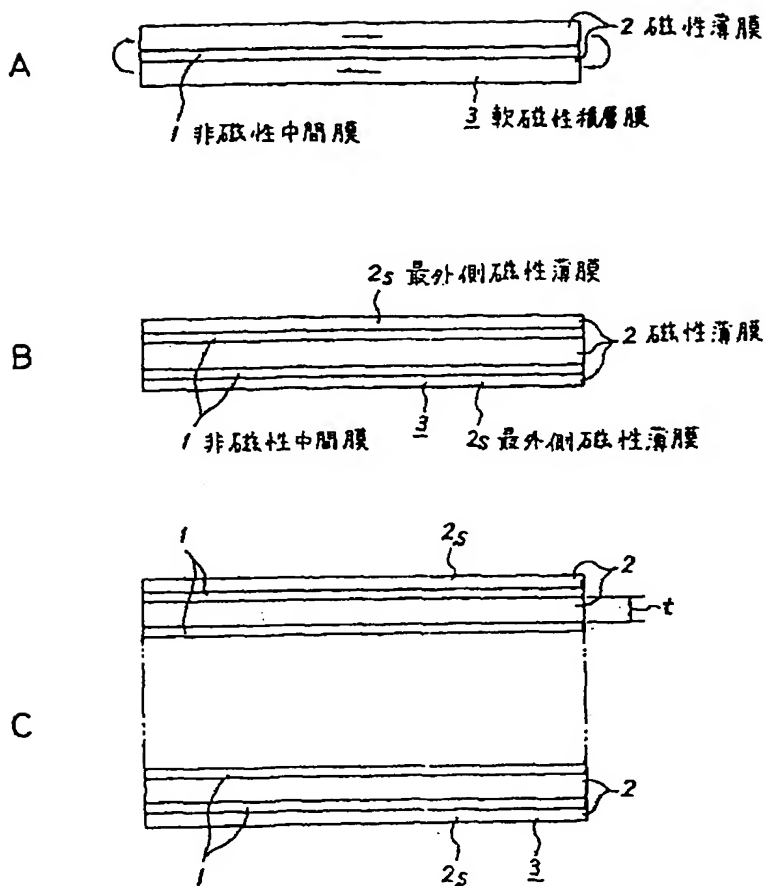


軟磁性積層膜の磁化状態を示す図

[A view 3]

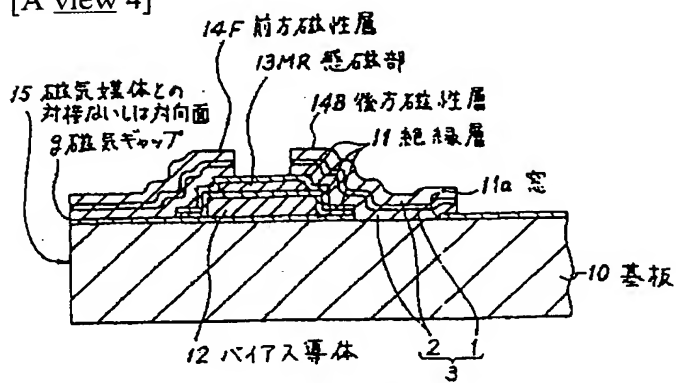
軟磁性積層膜の外部磁界による  
磁化状態の説明図

[A view 1]



軟磁性積層膜の構成図

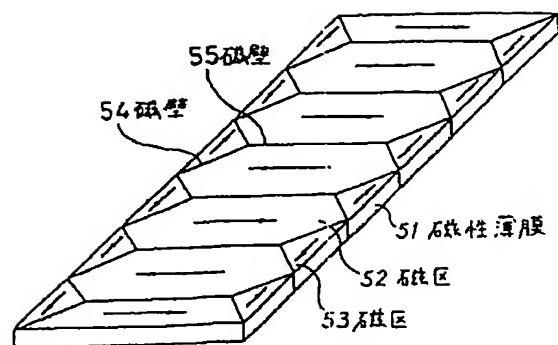
[A view 4]



本発明による軟磁性積層膜を用いた  
磁気ヘッドの一例の略線的断面図

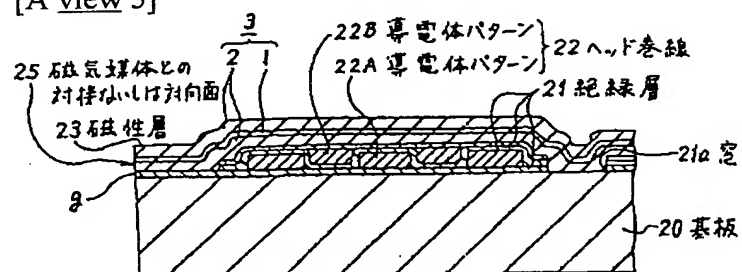
[A view 6]





単層磁性薄膜の磁区構造を示す図

[A view 5]



本発明による軟磁性積層膜を用いた  
磁気ヘッドの他の例の略線的断面図

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報 (B 2)

(11) 特許番号

第 2 5 4 3 3 7 4 号

(45) 発行日 平成8年(1996)10月16日

(24) 登録日 平成8年(1996)7月25日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 10/10			H 0 1 F 10/10	
C 2 2 C 38/00	3 0 3		C 2 2 C 38/00	3 0 3 S
C 2 3 C 14/14			C 2 3 C 14/14	F
G 1 1 B 5/31		9058-5 D	G 1 1 B 5/31	C

発明の数 1

(全 5 頁)

(21) 出願番号	特願昭62-228635	(73) 特許権者	999999999 日本電信電話株式会社 東京都新宿区西新宿3丁目19番2号
(22) 出願日	昭和62年(1987)9月14日	(72) 発明者	千田 正勝 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本 電信電話株式会社内
(65) 公開番号	特開平1-73603	(72) 発明者	永井 靖浩 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本 電信電話株式会社内
(43) 公開日	平成1年(1989)3月17日	(74) 代理人	弁理士 長尾 常明
		審査官	小田 浩
		(56) 参考文献	特開昭63-293707 (J P, A)

(54) 【発明の名称】 磁性人工格子膜

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上にFe層とCoFe層を交互に積層し、又は基板上にFe層とCo層をCoFe層を介在して交互に積層して成ることを特徴とする磁性人工格子膜。

【請求項 2】 上記Fe層とCoFe層を交互に積層し、又はFe層とCo層をCoFe層を介在して交互に積層してなる成る格子膜が、非磁性絶縁膜により単磁区化されていることを特徴とする特許請求の範囲第 1 項記載の磁性人工格子膜。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

本発明は、磁気記録装置用磁気ヘッドの磁極に適した磁性人工格子膜に関する。

【従来の技術】

例えば、磁気ファイル装置等の記録密度を高くしよう

2

とすると、磁気記録媒体には保磁力Hcの大きなものを用い、磁気ヘッド側では磁気記録媒体を十分に磁化できる高飽和磁束密度Bsを有し、且つ磁気記録媒体からの漏れ磁束を効率良く集束するために良好な軟磁気特性を有し、且つ磁区構造の制御が可能な磁性材料が必要となる。

このような条件を満足する磁気ヘッドとして、従来ではフェライトを機械加工して得られるリング型ヘッドが使用されてきた。しかし、高飽和磁束密度化と微細加工が限界に近づいてきたために、現在では、フォトリソグラフィ技術を応用した微細加工技術と薄膜化技術とによって得られた薄膜磁気ヘッドが使用されている。

【発明が解決しようとする問題点】

このような薄膜磁気ヘッド用磁極膜には、従来、真空蒸着、スパッタ、或いはメッキ法によるNiFe合金が用い

10

られてきたが、飽和磁束密度が1テスラ程度であるため、保磁力Hcが1000エルステッド以上の高保持力媒体に磁化信号を記録することは困難である。

NiFe合金に代わる高飽和磁束密度の膜としてFe膜が有望であるが、保磁力が大きく、また磁極膜に適した磁区構造がとれないため、そのままでは磁極膜として使用できない。また、空気中で酸化し易いという欠点があり、実用化に際して障害となっている。

一方、Fe膜の軟磁性化磁区構造制御の方法として、Feをホストとし、C或いはSi等の第二元素をゲストとして混入させる方法がある（例：Bozorth著“FERROMAGNETISM”, D. V. Nostrand Co.）。

しかし、この方法ではC及びSiが非磁性体であるため、飽和磁束密度Bsが低下するという欠点がある。また、スパッタ法により窒素雰囲気中でFe膜を形成することにより、良好な軟磁気特性となる（例：J. Appl. Phys. 61 p3841 ('87)）が、この膜は熱安定性に欠けるという問題がある。

そこで、これらの膜に代わる高飽和磁束密度で良好な軟磁気特性（保持力Hcが小さい）を有し、磁区構造制御が可能で（磁歪定数 $\lambda_s \approx 0$ ）、しかも酸化し難く、熱安定性にも優れた強磁性膜が強く要望されている。

ところで最近、新素材の研究が盛んに行われているが、特に、人工格子膜は各層の膜厚が極めて薄く、それらの膜を周期的に積層することにより、それらを構成する材料の本来の性質とは異なった特性を示すために、バルクの性質とは全く異なった新しい性質を示す物質として、物性の研究面でもまた、応用面でも注目されている。

本発明は上述したような点に鑑みてなされたもので、その目的は、高飽和磁束密度で良好な軟磁気特性を示し、更に磁歪定数がほぼ零となり、同時に耐腐蝕性、熱安定性に優れた磁性人工格子膜を提供することである。

〔問題点を解決するための手段〕

このために本発明は、基板上にFe層とCoFe層を交互に積層し、又は基板上にFe層とCo層をCoFe層を介在して交互に積層して磁性人工格子膜を構成した。

本発明では、Fe層とCoFe層を交互に積層し、又はFe層とCo層をCoFe層を介在して交互に積層してなる成る格子膜が、非磁性絶縁膜により単磁区化されているように構成することもできる。

〔作用〕

Fe、Co、CoFeは単独では従来から使用されている材料であるが、これらを積層させることにより、磁性層間の相互作用及びFeの結晶性の乱れが生じ、保持力Hcが小さくなって良好な軟磁気特性を示す。また、各膜厚を適正な値にすれば磁歪定数 $\lambda_s$ を零付近にすることができ、磁区構造の制御が可能となる。

〔実施例〕

以下、本発明の実施例について説明する。第2図は人

工格子膜作成用の堆積装置を示す。1はターゲット支持台であり、4枚のターゲットが装着でき、これを矢印で示すように回転させることにより、ターゲットの切り替えが可能となる。2はその上面に磁性膜を堆積形成すべき基板の設置位置、3はイオン源である。動作真空度が $1 \times 10^{-4}$ Torr以下である点、基板温度が必要以上に上がらない点で、イオンビームスパッタ法による製作が有利である。

第1図は本発明による人工格子膜の概略構造を示す図である。4はCo層、6はFe層、5は相互拡散により形成されたCoFe合金層、7は基板である。Co層4、Fe層6の膜厚をそれぞれ $t_{Co}$ 、 $t_{Fe}$ とし、人工格子の一周期 $t_p$ を $t_p = t_{Co} + t_{Fe}$ で定義する。

第3図に $t_{Co} = t_{Fe}$ とし、 $t_p$ を変化させたときの磁歪定数 $\lambda_s$ の変化を示す。 $t_p$ を変化（増大）させることにより、磁歪定数 $\lambda_s$ が正から負に連続的に変化している。CoとFeの磁歪定数 $\lambda_s$ はいずれも負であるにも拘わらず、全体の磁歪定数 $\lambda_s$ は正または零の値をとることができる。これは、Co層4とFe層6との境界に正の磁歪定数 $\lambda_s$ をもつCoFe合金層5が形成されたためである。

第4図(a)～(c)にNiFe合金単膜等で観察される磁区構造と磁歪定数 $\lambda_s$ の符号（正、負、零）との関係を示す。磁気ヘッドの磁極膜では、媒体からの信号を効率良く再生するために、第4図(b)に示すような磁区構造をとることが必要であり、それには磁歪定数 $\lambda_s = 0$ であることが要求される。

上述したようにFe、Coの磁歪定数 $\lambda_s$ は負であり、CoFe合金の磁歪定数 $\lambda_s$ は正であるが、これらを繰り返すによる周期構造となるように積層させて得た磁性人工格子膜では、各磁性層間が磁氣的につながっているため、その磁区構造は単膜と同様に膜全体の磁歪定数 $\lambda_s$ の符号によって決定される。

第5図に磁歪定数 $\lambda_s$ のFe層膜厚依存性を示す。Co層膜厚が20Å、5Åいずれの場合でも、Fe層膜厚を150Å以上にするにより、磁歪定数 $\lambda_s = 0$ となる。

第6図に保磁力HcのFe層膜厚依存性を示す。Co層の膜厚を5Åに設定することにより、保磁力Hcが1.5エルステッドと少ない良好な軟磁気特性を実現できる。

第7図に飽和磁束密度BsのFe層膜厚依存性を示す。Feをベースとしているため、2.15テスラ程度の値（Feの飽和磁束密度Bsは2.15テスラ）が得られた。

第8図に飽和磁束密度BsとCo層膜厚比（ $t_{Co}/t_p$ ）の関係を示す。破線はFeの飽和磁束密度Bs=2.15テスラとCoの飽和磁束密度Bs=1.76を結んだものである。データ点が破線の上にあるのは、相互拡散によるCoFe合金（Co<sub>50</sub>Fe<sub>50</sub>）の飽和磁束密度Bsは2.45テスラ）が形成されたためである。

第9図にFe層膜厚を50Åに固定した場合の保磁力Hcと磁歪定数 $\lambda_s$ のCo層膜厚依存性を示す。良好な軟磁気特

性を得るためには、50 Å の Fe 層に対して Co 層の膜厚は 10 Å 以下に設定した方がよいことが分かる。また磁歪定数  $\lambda_s$  の変化の様子から Co-Fe 相互拡散層の膜厚は、10 Å 程度であると予想される。

以上の結果から、Co の純粋層は飽和磁束密度  $B_s$  が小さく保磁力  $H_c$  が大きく、また磁歪定数  $\lambda_s$  は負の大きな値を持つため、磁性人工格子膜の磁気特性を劣化させていることが分かる。従って、必要 Co 層は、Fe 層と合金化する最小限の膜厚で良いことが分かる。そこで、Fe と CoFe 合金をターゲットに用いた Fe/CoFe の磁性人工格子も充分考えられる。

第 10 図に Fe/CoFe 磁性人工格子膜の構成例を示す。Fe 層 6、CoFe 層 5 の膜厚、及び CoFe 層 5 の組成を変えることにより、Fe/Co 磁性人工格子膜と同様或いはそれ以上の軟磁気特性及び高飽和磁束密度  $B_s$  を実現できる。

第 11 図に本発明による [Fe、Co、CoFe] 系人工格子と  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  等の非磁性絶縁体との多層膜の構成例を示す。8 は磁性人工格子膜、9 は非磁性絶縁膜である。磁性人工格子膜 8 の間に非磁性絶縁膜 9 を挟むことによつて、磁性膜の単磁区化が可能となる。

すなわち、第 1 図あるいは第 10 図に示した積層構造の磁性人工格子膜のみの場合は、その磁区構造が第 4 図に示したような多数の磁区からなる還流磁区構造となるのが最も静磁エネルギーの低い安定な状態であり、したがってこの場合は単磁区とならず多磁区の還流磁区構造となるのであるが、第 11 図に示したように磁性人工格子膜 8 の間に非磁性絶縁膜 9 を挟んだ多層膜にすると、磁性人工格子膜 8 の相互間に静磁結合力が働き、例えば表面から第 1 層目の磁性人工格子膜では磁化方向が第 11 図で右向き、第 2 層目では左向き、第 3 層目では右向き、第 4 層目では左向き、・・・というように、交互に磁化が逆方向を向いた状態（各磁性人工格子膜では全磁化が一方向を向いた状態、つまり単磁区構造）が、最も静磁エネルギーの低い安定な状態になる。このように、磁性人工格子膜間に働く静磁結合力によって、磁性人工格子膜の単磁区化が可能となるのである。

また、磁気ヘッド用磁性膜として、磁性人工格子膜のみ（第 1 図、第 10 図の膜構造）を使用した場合、磁区構造は第 4 図に示すような多磁区の還流磁区構造となる。媒体からの信号を効率良く再生できるという点で最も望ましいのは、第 4 図の（a）、（b）、（c）のなかの（b）の磁区構造である。

一方、磁気ヘッド用磁性膜として、第 11 図に示したように磁性人工格子膜 8 と非磁性絶縁膜 9 との多層膜を使用すると、上記した単磁区化によりさらに（つまり第 4 図の（b）よりも一層）信号再生効率が向上する。信号

再生効率の高さに順をつけ、これらの関係を示すと、

[第 4 図（a）、（c）の磁区構造] < [第 4 図（b）の磁区構造] < [第 11 図の構成による磁区構造] となる。

また、第 11 図の多層膜構成では、各磁性層が薄くなるので、渦電流損失が抑えられ、透磁率の周波数特性を改善することができる。

このように、本発明による [Fe、Co、CoFe] 系磁性人工膜は、磁歪定数  $\lambda_s$  零をもつ良好な軟磁気特性を実現でき、同時に 2 テスラ以上の飽和磁束密度  $B_s$  を実現できる。またこれらの磁性人工格子膜は、Fe を Co 及び／又は CoFe に対して挟んだ構成であるため、耐腐蝕性に富み、また成膜温度が 300℃ においても、磁気特性が劣化しないことから、熱安定性にも優れている。

【発明の効果】

以上説明したように、本発明による Fe、Co、CoFe 系磁性人工格子膜は、その各膜厚を最適化することにより、高飽和磁束密度  $B_s$  で保磁力  $H_c$  が小さく、同時に磁歪定数  $\lambda_s$  が零である磁性膜を実現できるため、磁気ヘッド用磁極材料として用いることにより、高保磁力媒体に高密度信号を記録でき、またそれを効率良く再生することもできるという利点がある。

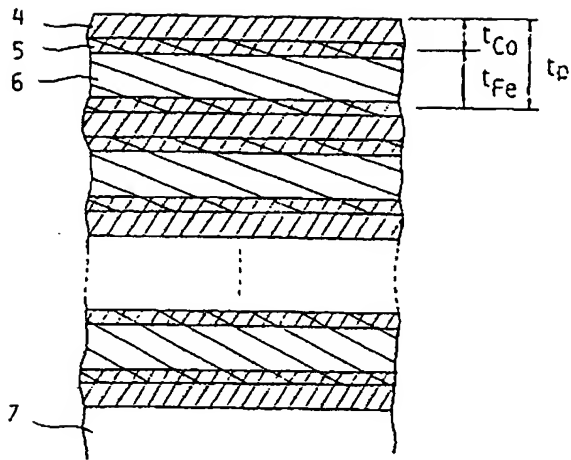
また、基板上に Fe 層と CoFe 層を交互に積層し、又は基板上に Fe 層と Co 層を CoFe 層を介して交互に積層した構造であるため、耐腐蝕性に富み、熱安定性にも優れていることから、信頼性の高い薄膜磁気ヘッド等の磁性部品を歩留りよく製造できる利点がある。

【図面の簡単な説明】

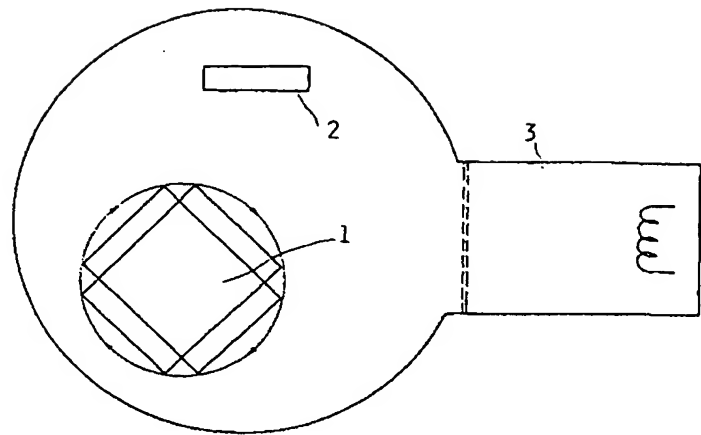
第 1 図は本発明の一実施例の Fe、Co、CoFe 系人工格子膜の概略を示す断面図、第 2 図は人工格子膜製作用の堆積装置の説明図、第 3 図は磁歪定数  $\lambda_s$  の周期長依存性を示す特性図、第 4 図（a）～（c）は磁歪定数  $\lambda_s$  の符号と磁区構造を示す説明図、第 5 図は磁歪定数  $\lambda_s$  の Fe 層膜厚依存性を示す特性図、第 6 図は保磁力  $H_c$  の Fe 層膜厚依存性を示す特性図、第 7 図は飽和磁束密度  $B_s$  の Fe 層膜厚依存性を示す特性図、第 8 図は飽和磁束密度  $B_s$  と Co 層膜厚比との関係を示す特性図、第 9 図は保磁力  $H_c$  と磁歪定数  $\lambda_s$  の Co 層膜厚依存性を示す特性図、第 10 図は Fe/CoFe 人工格子膜の構成例（別の実施例）を示す断面図、第 11 図は [Fe、Co、CoFe] 系人工格子膜と非磁性絶縁膜との多層膜の構成例（更に別の実施例）を示す断面図である。

1……ターゲット支持台、2……基板、3……イオン源、4……Co 膜、5……CoFe 膜、6……Fe 膜、7……基板、8……[Fe、Co、CoFe] 系人工格子層、9……非磁性絶縁層。

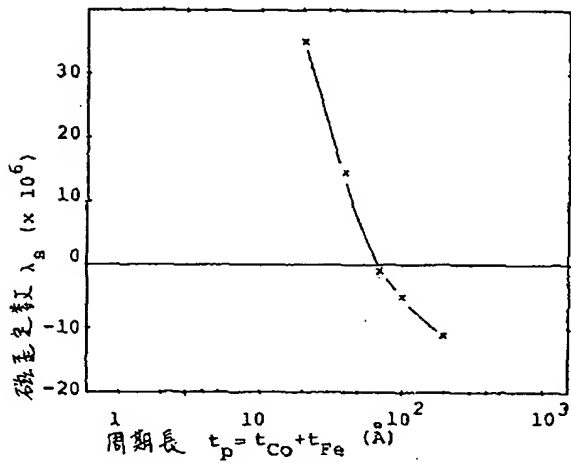
【第1図】



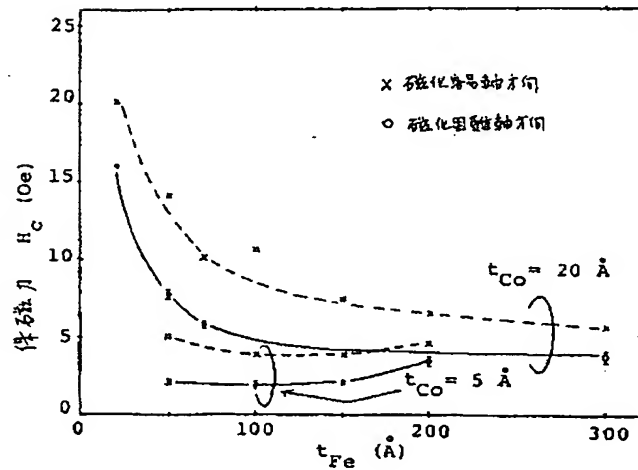
【第2図】



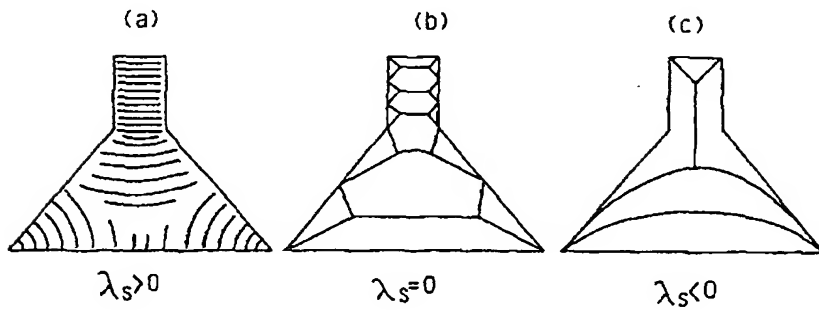
【第3図】



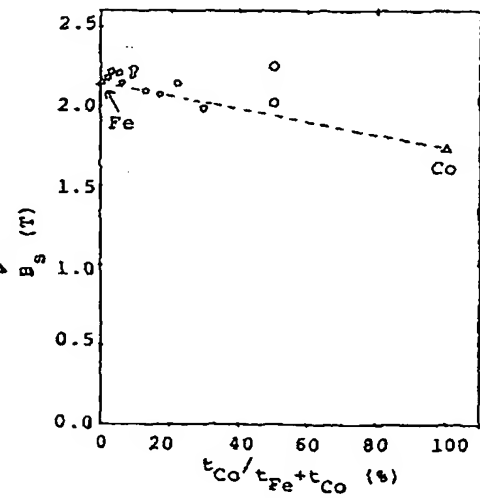
【第6図】



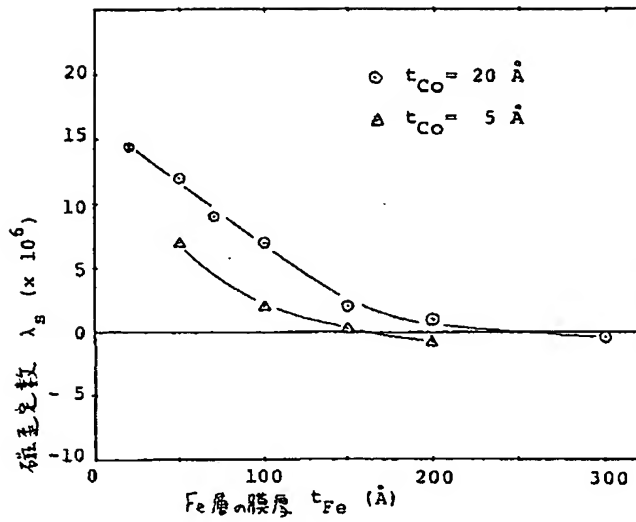
【第4図】



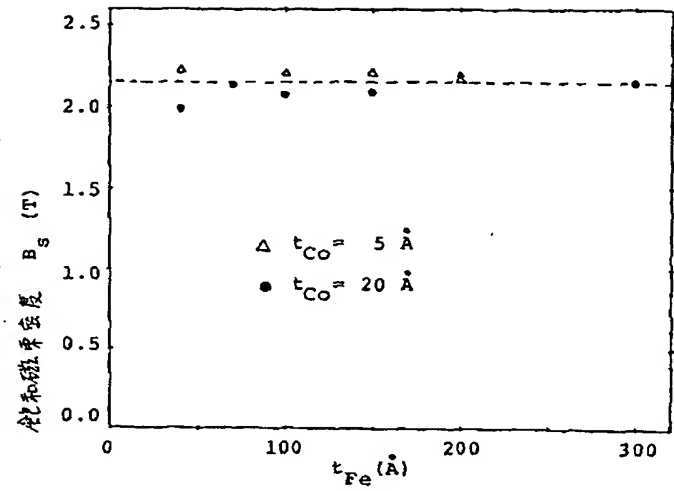
【第8図】



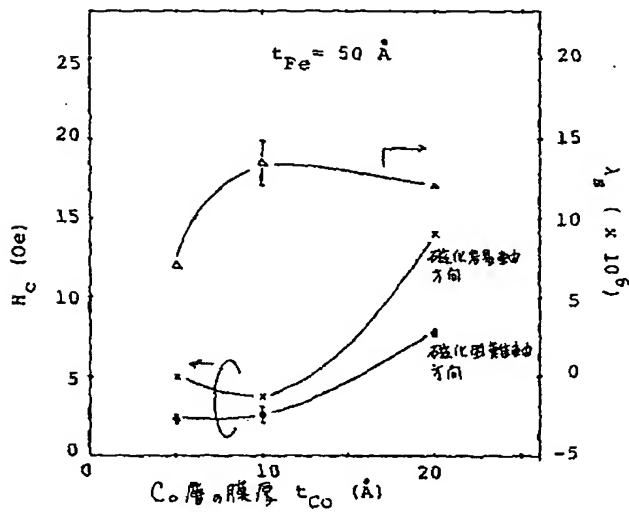
【第5図】



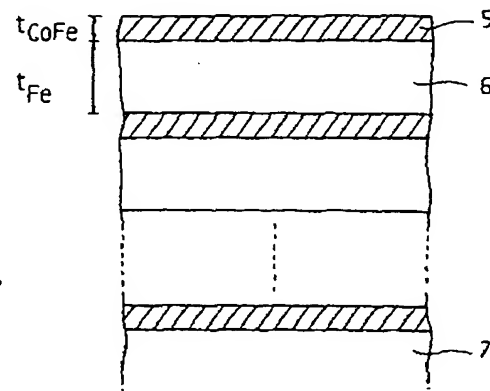
【第7図】



【第9図】



【第10図】



【第11図】

